

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри

машинобудування, мехатроніки і
робототехніки

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

30 червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**Проект автоматизованого штампувального комплексу для
виготовлення деталі «Пластина»**

Виконав здобувач вищої освіти

4 курсу групи ПМ-21ПЗ-3

ОПП «Прикладна механіка»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Владислав ШУЛЬГАН

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

_____ Олег СІСА

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
18 червня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівням вищої освіти
Шульгану Владиславу Володимировичу

Тема роботи:

Проект автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Пластина»

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Олег СІСА

Затверджено наказом ЦНТУ від 18 червня 2025 року № 316-02.

Строк подання роботи до захисту:

30 червня 2025 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка проекту автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Пластина».

Завдання: зробити аналіз кресленика деталі, що штампується, вибрати та обґрунтувати оптимальний варіант маршрутної технології, розрахувати технологічне зусилля за операціями та вибрати обладнання, спроектувати штамп, виконати технічне нормування, розрахувати автоматизований технологічний комплекс на базі кривошипного пресу зусиллям $P_k=0,063$ МН, виконати розрахунок валкової подачі, спроектувати загальний вигляд штампувального комплексу і кресленик оснащення та розробити кресленики на його робочі деталі.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	19.06.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	20.06.2025 р.	
3	Виконання технологічної частини	21.06.2025 р.	
4	Виконання конструкторської частини	23.06.2025 р.	
5	Розробка креслеників	25.06.2025 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	26.06.2025 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	29.06.2025 р.	
8	Рецензування роботи	30.06.2025 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	30.06.2025 р.	

Дата видачі завдання
18 червня 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Владислав ШУЛЬГАН

Керівник роботи _____ Олег СІСА

АНОТАЦІЯ

Шульган В. В. Проект автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Пластина»: кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. Ф. Сіса; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. 51 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка проекту автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Пластина».

Актуальність роботи полягає в підвищенні продуктивності та зменшенні собівартості виготовлення деталі за рахунок використання прогресивного мало відхідного штампування, оптимізовано автоматизований технологічний комплекс на базі кривошипного пресу $P_H = 0.063$ МН, та запропоновано застосовувати валкову подачу з шириною стрічки до 80 мм, замість стандартної до 63 мм. В роботі зроблено аналіз кресленика деталі «Пластина», визначено розміри вихідної заготовки, вибрано та обґрунтовано оптимальний варіант маршрутної технології, розраховано технологічне зусилля за операціями та вибрано обладнання, спроектовано штамп і розраховано інструмент на міцність, виконані розрахунки автоматизованого штампувального комплексу, спроектовано загальний кресленик оснащення та розроблено робочі кресленики на його деталі, спроектовано загальний вигляд комплексу

технологічний процес, холодне штампування, штамп, пуансон, прес

ANNOTATION

Vladyslav SHUL`HAN. The project of the automated stamping complex for the production of the "Plate" part: qualifying bachelor's thesis: spec. 131 Applied mechanics / scientific director O. F. Sisa; Central Ukrainian National Technical University – Kropyvnytskyi: CUNTU, 2025. 51 p.

Drawings – a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to develop a project for an automated stamping complex for manufacturing the “Plate” part.

The relevance of the work is to increase productivity and reduce the cost of manufacturing the part by using progressive low-waste stamping, an automated technological complex based on a crank press $P_H = 0.063$ MN was optimized, and it was proposed to use a roll feed with a tape width of up to 80 mm, instead of the standard one of up to 63 mm. The work analyzes the drawing of the “Plate” part, determines the dimensions of the initial workpiece, selects and justifies the optimal route technology option, calculates the technological effort by operations and selects equipment, designs a stamp and calculates the tool for strength, performs calculations of an automated stamping complex, designs a general drawing of the equipment and develops working drawings for its parts, designs a general view of the complex

technological process, cold stamping, stamp, punch, press

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Проект автоматизованого штампувального комплексу для
виготовлення деталі «Пластина»**

КРБ.ПМ.25.16.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-21ПЗ-3
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Владислав ШУЛЬГАН

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олег СІСА

ЗМІСТ

Вступ		8
1	Кресленик деталі «Пластина» та її аналіз	9
	1.1 Опис і технічна характеристика деталі	9
2	Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології	11
	2.1 Обґрунтування оптимального варіанту	11
	2.2 Розрахунок технологічних зусиль за операціями та вибір обладнання.....	13
	2.3 Проектування штампу	16
3	Технічне нормування.....	21
4	Спеціальна частина: Автоматизований технологічний комплекс на базі кривошипного пресу зусиллям $P_k=0.063$ МН	24
	4.1 Предпроектна підготовка	24
	4.2 Конструювання комплексу	27
	4.3 Інженерний моніторинг спроектованого комплексу	28
	4.4 Розрахунок кривошипного пресу	29
	4.5 Розрахунок валкової подачі	42
Висновки		46
Список літератури		47
Додатки.....		48
Додаток А Технологічна карта «Карта технологічного процесу (листо́ве штампування)».....		49
А.1 Перший аркуш технологічної карти.....		49
Додаток Б Специфікація «Штамп послідовної дії».....		50
Б.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик.....		50
Б.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик.....		51

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

- V_e – об'єм виробу, мм³;
 d_3 – діаметр вихідної заготовки, мм;
 d_p – номінальний розмір елемента, мм;
 d_n – діаметр відрізної матриці, мм;
 l_3 – довжина вихідної заготовки, мм;
 V_ϕ – об'єм фаски, мм³;
 V_u – об'єм циліндра, мм³;
 ε – логарифмічна деформація;
 P_e – зусилля відрізування, Н;
 P_k – зусилля калібрування, Н;
 P_ϕ – зусилля калібрування фасок, Н;
 $P_{ви}$ – зусилля виштовхування, Н;
 p – питомий тиск, МПа;
 σ_3 – напруження стиснення пуансона на третьому переході, МПа.

ВСТУП

В сучасному виробництві велика кількість деталей причепів виготовляється із використанням способу холодного листового штампування.

Холодне листове штампування є одним із найбільш прогресивних технологічних методів виробництва. Воно має ряд переваг перед іншими видами обробки металів як в технічному, так і в економічному відношеннях.

Найбільший ефект від використання холодного штампування може бути забезпечений при комплексному вирішенні технічних питань на всіх стадіях підготовки виробництва, починаючи зі створення технологічних конструкцій чи форм деталей.

Розробка технологічних процесів холодного штампування та проектування штампів нерозривно пов'язані між собою, хоча й можуть виконуватися різними особами. Технолог повинен добре знати конструкцію штампів, а конструктор повинен володіти основними технологічними знаннями по холодному штампуванню. Штампування деталей шляхом виконання декількох окремих розділових операцій в більшості випадків економічно не вигідно, внаслідок чого звичайно застосовують методи комбінованого штампування, одночасно поєднуючи дві або декілька з вказаних деформацій та окремих операцій. Крім того, на виробництві використовуються збірно-штампувальні операції, що засновані на використанні деформацій гнуття, формування та відсортювання. Холодне листове штампування широко застосовується в машинобудівельній та інших галузях промисловості. Найбільше розповсюдження холодне штампування отримало в багатосерійному та масовому виробництвах, де великі масштаби випуску дозволяють використовувати технічно більш сучасні, хоча й більш складні та багато коштовні штампи. Ряд виробів масового виробництва та народного споживання виготовляється десятками та сотнями мільйонів штук в рік. В теперішній час холодне листове штампування широко використовується дрібносерійному та навіть в одиничному виробництвах.

1 КРЕСЛЕНИК ДЕТАЛІ «ПЛАСТИНА» ТА ЇЇ АНАЛІЗ

1.1 Опис і технічна характеристика деталі

Деталь «Пластина» входить до складальної одиниці «Шасі» і виконує роль фіксації елементів несучої балки з кузовом одновісного причепа.

За даним конструкторської документації деталь виготовляється з сталі вуглецевої звичайної якості

Лист Б-ПН-О-3.000 ДСТУ 19903-95
Ст5пс ДСТУ 145637-05

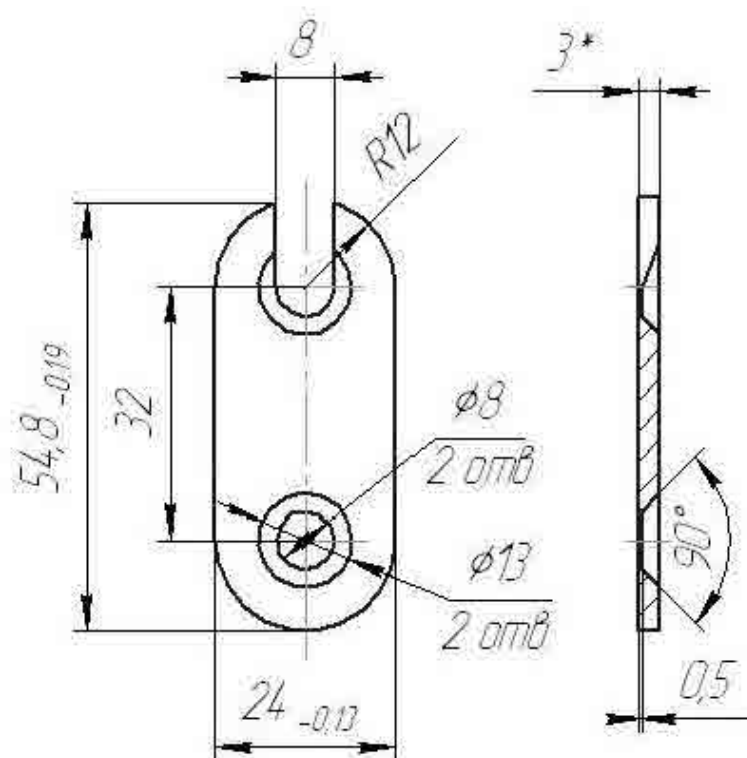
З урахуванням призначення використання сталі [3, с.141] робимо висновок, що матеріал конструктором вибрано правильно і його призначення відповідає вимогам по застосуванню. Хімічний склад і фізично-механічні властивості даної марки сталі приведені в табл.2.2 та табл.2.3, відповідно [1, с.9, с.15; 2, с.507].

Таблиця 2.2

Вуглець С, %	Кремній Si, %	Марганець Mn, %	Хром Cr, %
0.05. . .0.11	до 0.03	0.25. . .0.50	не більш 0.1

Таблиця 2.3

Тимчасовий опір розриву σ_b , МПа	Межа плинності σ_T , МПа	Межа опору зрізу, $\sigma_{зр}$, МПа	Відносне подовження δ_5 , %
620	290	530	19



1 Невказані граничні відхилення розмірів по ГОСТ 23.4.209-82

2 *Розміри для довідок

Рисунок 1.1 – Кресленик деталі «Пластина»

Технічні вимоги на деталь «Пластина»:

- покриття – хім. окс. прм. ДСТУ 9.306-05;
- незазначені граничні відхилення розмірів – H12, h12, \pm IT12/2;

2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1 Обґрунтування оптимального варіанту

На базовому підприємстві деталь виготовлялась за наступним технологічним процесом (I варіант):

1. Відрізування штаб від листа без оптимізації розкрою.
2. Вирубання.
3. Пробивання.
4. Правлення.

З урахуванням типу виробництва та річної програми виготовлення деталі «Пластина», а також виходячи із форми, розмірів та досвіду накопиченого в галузі машинобудування приймаємо для даної деталі наступну технологію виготовлення (II варіант):

1. Відрізування штаби від листа з оптимізацією розкрою.
2. Вирубання, пробивання в штампі суміщеної дії.
3. Правлення.

Вибираємо II варіант, так як він дозволяє:

- скоротити одну операцію;
- скоротити один штамп;
- вивільнити одну одиницю обладнання;
- вивільнити одного пресувальника;
- підвищити продуктивність виготовлення деталі;
- підвищити коефіцієнт використання матеріалу за рахунок оптимізації розкрою;
- зменшити собівартість виготовлення деталі.

2.2.1 Розкрій неперервного прокату

Згідно прийнятій технології (II варіант) приймаємо виготовлення деталі «Пластина» з неперервного матеріалу: Стрічка Ст5пс ГОСТ 6009-74.

Приймаємо однорядне розташування деталі.

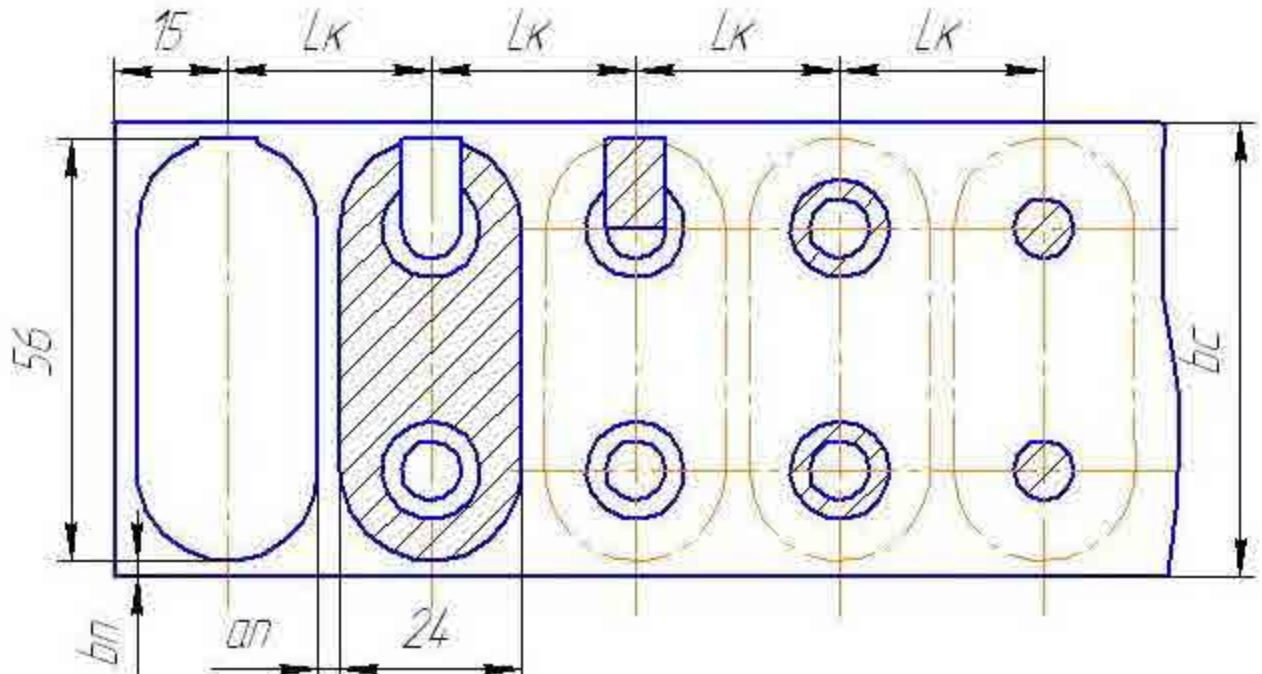


Рисунок 2.1 – Схема розкрою стрічки

Ширину стрічки розраховуємо за формулою:

$$b_{\bar{n}} = 2b_n + 56;$$

де b_n – найменша величина перемички, мм [2, с.293], $b_n=2$ мм.

Приймаємо $b_n=2$ мм для надійності роботи штампу.

$$b_c = 2 \cdot 2 + 56 = 60 \text{ мм.}$$

Приймаємо $b_c=60$ мм.

Визначаємо крок подачі стрічки:

$$L_{\bar{e}} = a_n + 24;$$

де a_n – величина перемички, мм [2, с.293], $a_n=3$ мм.

Приймаємо $a_n=3$ мм для надійності роботи штампу.

$$L_{\bar{e}} = 3 + 24 = 27 \text{ мм.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{n \cdot F_{\ddot{a}} \cdot k \cdot 100}{b_c \cdot L_{\hat{e}}}, \quad (2.1)$$

де n – кількість деталей на кроці штампування, $n = 1$ шт;

$F_{\ddot{a}}$ – площа деталі, мм²;

k – кількість рядів штампування, $k = 1$ шт.;

b_c – ширина стрічки, $b_c = 60$ мм;

Тоді, площа деталі складає:

$$F_{\ddot{a}} = 32 \cdot 24 + \frac{3,14 \cdot 24^2}{4} - 8 \cdot 6 - (3,14 \cdot 3,5(4 + 7,5)) \cdot 2 = 919,4 \text{ мм}^2;$$

$$\eta = \frac{919,4 \cdot 1 \cdot 100}{60 \cdot 27} = 56,75$$

Визначаємо норму витрат матеріалу на одну деталь:

$$H = p \cdot L_{\hat{e}},$$

де p – маса 1 м погонного довжини стрічки, $p = 1,413$ кг [4, с.118];

$$H = 1,413 \cdot 0,027 = 0,038 \text{ кг}$$

2.2 Розрахунок технологічних зусиль за операціями та вибір обладнання

Зусилля операції “Вирубівання-пробивання” розраховуємо за формулою:

$$D = P_{\hat{a}} + P_{i\hat{a}\hat{d}} + P_{\hat{i}} + P_{\hat{e}} + P_{i\hat{d}\hat{i}\hat{o}}; \quad (2.2)$$

де $P_{\hat{a}}$ – зусилля вирубівання заготовки, Н [2, с.16]:

$$D_{\hat{a}} = 1,2 \cdot L_{\hat{a}} \cdot S \cdot \sigma_{\varphi\hat{d}}; \quad (2.3)$$

$L_{\hat{e}}$ – периметр вирубівання, мм:

$$L_{\hat{a}} = 2 \cdot 32 + (3,14 \cdot 2 \cdot 12) - 8 = 131,36 \text{ мм};$$

S – товщина матеріалу, $S = 3,0$ мм;

$$D_{\hat{a}} = 1,2 \cdot 131,36 \cdot 3 \cdot 530 = 250634,9 \text{ Н};$$

$P_{пер}$ – зусилля пробивання перетинки, Н:

$$D_{i\hat{a}\delta} = 1,2 \cdot n \cdot L_{\bar{i}} \cdot S \cdot \sigma_{\zeta\delta}; \quad (2.4)$$

n – кількість перетинок які пробиваються, $n=1$ шт;

$L_{\bar{i}}$ – периметр отвору який пробивається, мм;

$$L_{\bar{i}} = 8 \cdot 2 + 12 \cdot 2 = 40 \text{ мм};$$

$$P_{i\hat{a}\delta} = 1,2 \cdot 1 \cdot 40 \cdot 3 \cdot 530 = 76320 \text{ Н};$$

P_n – зусилля пробивання отворів, Н:

$$D_{\bar{i}} = 1,2 \cdot n \cdot L_{\bar{i}} \cdot S \cdot \sigma_{\zeta\delta}; \quad (2.5)$$

n – кількість отворів які пробиваються, $n=2$ шт.

$L_{\bar{i}}$ – периметр отвору який пробивається, мм;

$$L_{\bar{i}} = \pi \cdot D \quad (2.6)$$

D – діаметр отвору, $D = 4,2$ мм;

$$L_{\bar{i}} = 3,14 \cdot 8 = 25,12 \text{ мм};$$

$$P_{\bar{i}} = 1,2 \cdot 2 \cdot 25,12 \cdot 3 \cdot 530 = 95857,2 \text{ Н};$$

P_k – зусилля калібрування отворів, Н:

$$D_{\hat{e}} = q \cdot F \cdot n; \quad (2.7)$$

q – питомий тиск для даного матеріалу, $q=2000$ Н/мм² [2, с.234];

n – кількість отворів які калібруються, $n=2$ шт;

F – площа проєкції отвору, який калібрується, мм²;

$$F = 3,14 \cdot 3,5(4 + 7,5) = 126,39 \text{ мм}^2;$$

$$P_{\hat{e}} = 2000 \cdot 126,39 \cdot 2 = 505560 \text{ Н};$$

$P_{i\delta i\delta}$ – зусилля проштовхування відходу від пробивання, Н:

$$P_{i\delta i\delta} = 0,1 \cdot (P_{\hat{a}} + P_{i\hat{a}\delta} + P_{\bar{i}}); \quad (2.8)$$

$$P_{i\delta i\delta} = 0,1 \cdot (250634,9 + 76320 + 95857,2) = 42281,2 \text{ Н};$$

Тоді,

$$P = 250634,9 + 76320 + 505560 + 95857,2 + 42281,2 = 970653,3 \text{ Н} = 0,97 \text{ МН}$$

На підставі отриманого зусилля на операцію вибираємо для виконання останньої комплекс устаткування для штампування деталей із стрічки на базі преса відкритого однокривошипного моделі АККЕ 2130Е.01 з наступною технічною характеристикою:

Номінальне зусилля, кН	1000
Хід повзуна, мм	124
Кількість ходів повзуна в хвилину, хв ⁻¹	100
Розміри столу, мм	400x900
Розміри стрічки, що подається, мм	
ширина	20...250
товщина	0,6...3,0
Крок подачі, мм	10...160
Точність подачі кроку, мм	± 0,05
Найбільший зовнішній діаметр рулону стрічки, мм	1200
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	20
Габаритні розміри, мм	8400x2270x3150
Маса, т	13,3
Виробник:	ВОО ТВП м. Тюмень

Зусилля правлення розраховуємо за формулою [2, с.212], як найбільше, що виникає при роботі штампу:

$$P = q \cdot F_{\partial}; \quad (2.9)$$

де q - питомий тиск правлення, $q = 80 \text{ МПа}$;

F_{∂} - площа деталі, яка підлягає правленню, мм^2 ,

$$F_{\partial} = 32 \cdot 24 + \frac{3,14 \cdot 24^2}{4} - 8 \cdot 6 - (3,14 \cdot 3,5(4 + 7,5)) \cdot 2 = 919,4 \text{ мм}^2;$$

$$P = 80 \cdot 918,4 = 73472 \text{ Н} = 0,074 \text{ МН}$$

Вибираємо пресс гвинтовий з дугостаторним приводом моделі Ф1726А з наступною технічною характеристикою:

Номінальне зусилля, МН	0,4
Кількість ходів повзуна в хвилину, хв^{-1}	36
Розміри столу, мм	450x400
Потужність приводу, кВт	6.3
Габаритні розміри, мм	2160x1385x2620
Маса, т	3.6
Виробник:	ШПОКПО м. Шимкент

2.3 Проектування штампу

2.3.1. Призначення, склад та принцип роботи штампа

Штамп послідовної дії призначено для одночасного виконання операцій пробивання, калібрування, та вирубування.

Він складається з наступних основних деталей і вузлів:

- блока з чотирма напрямними вузла ковзання;
- інструмента пуансону, вирубної матриці , пуансонів для пробивання отворів, та пуансонів для калібрування;
- знімача;

Штамп працює наступним чином. Стрічка від валкової подачі подається на крок в штамп, при ході повзуна униз відбувається пробивання отворів деталі, подача стрічки на крок – з наступним ходом повзуна калібрування отворів, подача стрічки на крок – з наступним ходом повзуна пробивання отвору, подача стрічки на крок і з наступним ходом повзуна, вирубування деталі. Відхід від пробивання випадає через провальний отвір в матриці і в нижньої плиті штампа.

2.3.2. Розрахунок пуансону для пробивання отвору 8Н14 і перевірка поверхні контакту над пуансоном на напруження змяття

Згідно ГОСТ 16675-80 [1, с. 102] розраховуємо пуансон на міцність з умови:

$$P_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}} \geq P_{\ddot{o}} ,$$

Де $P_{\ddot{a}}$ – допустиме навантаження на стиснення, МПа;

$P_{\ddot{o}}$ – необхідне технологічне зусилля пробивання, МПа.

Допустиме навантаження на стиснення і сталість робочої частини пуансона визначаємо за формулою:

$$P_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}} = \varphi \cdot F_k \cdot [\sigma_{\ddot{n}\ddot{o}}] , \quad (2.10)$$

де φ – коефіцієнт зниження допустимого напруження, який залежить від умови гнучкості [12, с. 32] і характеризується співвідношенням:

$$\mu \cdot h / i_{\min} \geq \varphi ,$$

μ – коефіцієнт приведеної довжини, який характеризує спосіб закріплення кінця стержня і приймається рівним 0,7;

h – довжина робочої частини пуансону, $h = 35$ мм;

i_{\min} – мінімальний радіус інерції робочого перерізу пуансона

$$i_{\min} = 0,25 \cdot d ,$$

$$i_{\min} = 0,25 \cdot 8 = 2 \text{ мм}$$

Тоді,

$$\mu \cdot h / i_{\min} = 0,7 \cdot 35 / 2 = 12,25 \geq \varphi = 0,8 ;$$

F_k – площа контакту робочого торцю пуансона з матеріалом, який штампується при $S / d = 0,375 < 1$ площа контакту приймається рівною площині пояску шириною $0,5S$ по усьому периметру робочого торцю пуансона,

$$F_k = \pi \cdot a_e (d - a_e) , \quad (2.11)$$

$a_{\hat{e}}$ – ширина кільцевого пояса, яка залежить від співвідношення $d/S = 8/3 = 2,67$, при відносному зазарі $z/S = 0,27/3 = 0,09$, за [1, с. 103] $a_{\hat{e}}/d = 0,3$, тоді $a_{\hat{e}} = 0,3 \cdot d = 0,3 \cdot 8 = 2,4$;

$$F_k = 3,14 \cdot 2,4(8 - 2,4) = 42,2 \text{ мм}^2$$

$[\sigma_{\hat{\sigma}}]$ – допустимі напруження на стиснення [1, с. 33], для сталі X12M

$$[\sigma_{\hat{\sigma}}] = 1900 \text{ МПа};$$

Тоді,

$$P_{\hat{\sigma}} = 0,8 \cdot 42,2 \cdot 1900 = 64144 \text{ Н},$$

Так, як $P_{\hat{\sigma}} = 64144 \text{ Н} > P_{\hat{\sigma}} = 95857,2/2 = 47928,6 \text{ Н}$ – умова міцності виконується, прийнята для пуансона марка сталі X12M витримує дане навантаження.

Перевірку верхньої плити на допустимі напруження змяття виконуємо наступним чином, при цьому тиск який передається пуансоном, визначається за формулою:

$$P = P_{\hat{\sigma}} / F \leq [\sigma_{\hat{\sigma}}], \quad (2.12)$$

де $P_{\hat{\sigma}}$ – зусилля пробивання, Н;

F – площа перерізу верхньої частини пуансона, мм^2 ;

$$F = \pi \cdot d_{\hat{a}}^2 / 4,$$

$d_{\hat{a}}$ – діаметр верхньої частини пуансону, мм;

$$F = 3,14 \cdot 16^2 / 4 = 200,96 \text{ мм}^2,$$

$[\sigma_{\hat{\sigma}}]$ – допустиме напруження змяття матеріалу, МПа;

$$P = 47928,6 / 200,96 = 238,5 \text{ Па} > [\sigma_{\hat{\sigma}}] = 100 \text{ МПа}$$

Таким чином, застосувати підкладну плитку доцільно товщиною 10мм з сталі 45 твердістю 41,5..46,5 HRC_y, так як тиск, який передається пуансоном, перевищує допустимі напруження на змяття.

2.3.3. Розрахунок виконавчих розмірів інструмента

Визначаємо виконавчий розмір пуансона і пробивної матриці (отвору діаметром Н14).

При сумісному виготовленні розміри визначають за формулами:

- виконавчий розмір пуансону

$$d_i = (d_i - \check{I}_e)_{-\delta_i}, \quad (2.13)$$

де d_i – номінальний розмір елемента який штампується, мм;

\check{I}_e – припуск на знос пуансона $\check{I}_e = 0,3$ мм [1, с. 65];

δ_i – граничне відхилення розміру пуансона $\delta_i = 0,08$ мм [1, с. 65];

$$d_i = (8 + 0,3)_{-0,08} = 8,3_{-0,08} \text{ мм.}$$

Розмір матриці d_i необхідно забезпечити її допрацюванням по пуансону з

рівномірним двобічним нормальним зазором $Z = 0,27^{+0,05}$ [1, с. 67]:

$$d_i = (d_i + \check{I}_e + Z)^{+\delta_i}, \quad (2.14)$$

де δ_i – граничні відхилення розміру матриці $\delta_i = 0,08$ мм [1, с. 65];

\check{I}_e – припуск на знос матриці, $\check{I}_e = 0,3$ мм [1, с. 65];

$$d_i = (8 + 0,3 + 0,27)^{+0,05} = 8,57^{+0,05} \text{ мм}$$

Визначаємо виконавчі розміри матриці і пуансона для пробивання і вирубування деталі за формулами [1, с. 62]:

$$L_i = (L_i - \check{I}_e)^{+\delta_i}, \quad (2.15)$$

де L_i – лінійний розмір ділянки, мм;

\check{I}_e – припуск на знос матриці і пуансона, мм [1, с. 65];

$$l_{i1} = (8 - 0,3)^{+0,08} = 7,7^{+0,08} \text{ мм;}$$

$$l_{i2} = (12 - 0,35)^{+0,1} = 11,65^{+0,1} \text{ мм};$$

$$l_{i3} = (32 - 0,5)^{+0,14} = 31,5^{+0,14} \text{ мм};$$

$$l_{i4} = (24 - 0,12)^{+0,035} = 23,88^{+0,035} \text{ мм};$$

$$l_{i5} = (12 - 0,1)^{+0,03} = 11,9^{+0,03} \text{ мм};$$

Розмір пуансона необхідно забезпечити його з доопрацюванням по матриці з рівномірним двобічним нормальним зазором $Z = 0,27 \text{ мм}$ [3, с. 67]:

$$L_{\bar{i}} = (L_i - \bar{I}_{\bar{e}} - Z)_{-\delta_{\bar{i}}}, \quad (2.16)$$

$$L_{\bar{i}1} = (8 - 0,3 - 0,27)_{-0,08} = 7,43_{-0,08} \text{ мм};$$

$$L_{\bar{i}2} = (12 - 0,35 - 0,27)_{-0,1} = 11,38_{-0,1} \text{ мм};$$

$$L_{\bar{i}3} = (32 - 0,5 - 0,27)_{-0,14} = 31,23_{-0,14} \text{ мм};$$

$$L_{\bar{i}4} = (24 - 0,12 - 0,27)_{-0,035} = 23,61_{-0,035} \text{ мм};$$

$$L_{\bar{i}5} = (12 - 0,1 - 0,27)_{-0,022} = 11,63_{-0,022} \text{ мм}$$

3 ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ

Розрахунок операції “Вирубання-пробивання-калібрування” наведений в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Норм часу на операції “Вирубання-пробивання-калібрування”

№ карти	№ продукції	Найменування переходу	Основний час T_o , хв	Допоміжний час T_v , хв	
				Перекриваємий	Неперекриваємий
9	Г	Узяти бухти стрічки та піднести на відстань до трьох метрів до катушки. Встановити бухту в катушку. Перерізати в'язку дрота ножицями. Витягнути, протерти та заправити кінець стрічки в правильний пристрій та штамп.	-	-	$3.65:1315 = 0,002776$
1	3	Увімкнути прес.	-	-	$0.018:1315 = 0,000014$
2	406	Штампувати деталь в автоматичному режимі	0,011	-	-
Σ			0.011		0.00279

Норма штучного часу:

$$\dot{O}_o = (\dot{O}_i + \dot{O}_a) \cdot K, \quad (3.1)$$

де K – коефіцієнт, $K = 1,13$ [6, с. 109];

$$\dot{O}_o = (0.011 + 0.00279) \cdot 1,13 = 0,01558 \text{ хв.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$\dot{O}_{o.\dot{e}.} = \dot{O}_o + \frac{\dot{O}_{i.\dot{e}.}}{n}, \quad (3.2)$$

де $\dot{O}_{i.\dot{e}.}$ – підготовчо-заклучний час, $\dot{O}_{i.\dot{e}.} = 3 \text{ хв.}$, [6, с. 28];

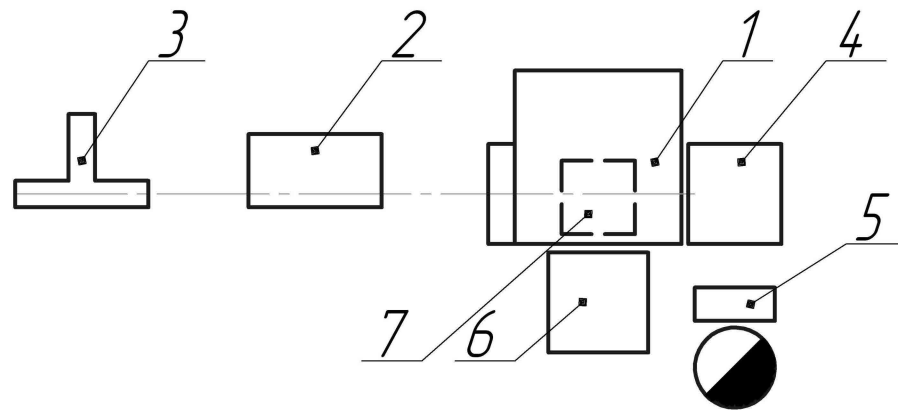
n – кількість деталей в партії, $n = 1315 \text{ шт.}$

$$\dot{O}_{\sigma. \hat{e}.} = 0,01558 + \frac{3}{1315} = 0,0179 \text{ хв.},$$

Норма виробітку:

$$\dot{I} \hat{a} = \frac{480}{0,0179} = 26815 \text{ шт/зм.}$$

Схема організації робочого місця зображена на рис.2.2.



1 – кривошипний відкритий прес з автоматичною валковою подачею;
 2 – правильно-розмотувальний пристрій; 3 – катушка зі стрічкою;
 4 – тара для деталей; 5 – пульт керування; 6 – тара для деталей; 7 – тара для відходів

Рисунок 3.1 Схема організації робочого місця:

Розрахунок норми часу операції “Правлення” наведений в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Нормичасу на операції правлення

№ карти	№ продукції	Найменування переходу	Основний час T_o , хв	Допоміжний час T_v , хв	
				Перекривасмий	Неперекривасмий
32	1в	Створити пакет із 10 заготовок та покласти на дзеркало штампа	-	-	$0,08 : 10 = 0,008$
1	7а	Увімкнути прес	-	-	0,022
2	25а	Штампувати деталі (правити)	$0,029 : 10 = 0,0029$	-	-
58	1в	Зняти пакет деталей зі штампа та відкинути в бункер	-	-	$\frac{2,02}{100 \cdot 10} = 0,00202$
Σ			0,0029	-	0,03202

Норма штучного часу:

$$\dot{O}_o = (\dot{O}_i + \dot{O}_a) \cdot K, \quad (3.3)$$

де K – коефіцієнт, $K = 1,19$ [6, с. 109];

$$\dot{O}_o = (0.0029 + 0.03202) \cdot 1,19 = 0,0416 \text{ хв.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$\dot{O}_{o.\dot{e}.} = \dot{O}_o + \frac{\dot{O}_{i.\dot{c}.}}{n}, \quad (3.4)$$

де $\dot{O}_{i.\dot{c}.}$ – підготовчо-заклучний час, $\dot{O}_{i.\dot{c}.} = 3$ хв., [6, с. 28];

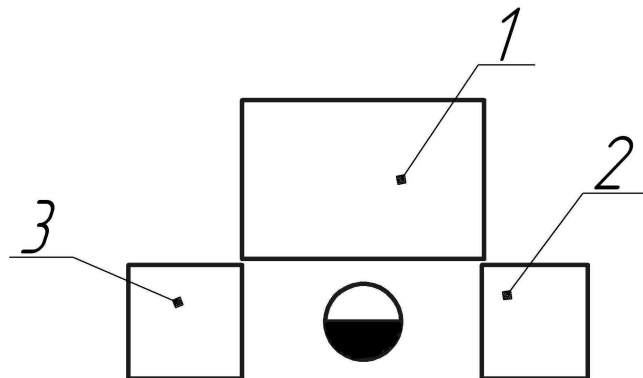
n – кількість деталей в партії, $n = 1315$ шт.

$$\dot{O}_{o.\dot{e}.} = 0,0416 + \frac{3}{1315} = 0,0449 \text{ хв.},$$

Норма виробітку:

$$\dot{I}\dot{a} = \frac{480}{0.0449} = 10690 \text{ ШТ/ЗМ.}$$

Схема організації робочого місця зображена на рис. 2.3.



1 – прес гвинтовий з дугостаторним приводом; 2 – бункер для деталей;
3 – стіл з заготовками

Рисунок 3.2 – Схема організації робочого місця:

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА:

Автоматизований технологічний комплекс на базі кривошипного пресу зусиллям $P_n=0,063\text{MN}$

4.1. Передпроектна підготовка

4.1.1 Обґрунтування застосування та вибір складу комплексу

Штампувальний комплекс на базі однокривошипного відкритого преса використовують для автоматизованого виготовлення деталей із стрічки методами операцій холодного штампування: вирубання, пробивання отворів, неглибокого витягування і т.п.

Комплекс може використовуватись в автомобільній промисловості, сільськогосподарському машинобудуванні та інших галузях промисловості.

4.1.2 Розробка структурної схеми комплексу

В результаті аналізу аналогів та прототипів по даних літератури розробляємо структурну схему комплексу. Схема наведена на рис. 4.1.

За аналог приймаємо комплекс АККД2118 для штампування деталей із стрічки на базі кривошипного преса КД2118.

До складу комплексу входять: прес однокривошипний відкритий простої дії зусиллям $0,063\text{MN}$, правильно-розмотувальний пристрій, валкова подача, ножиці для різання відходів. Схема комплексу наведена на рис. 4.2.

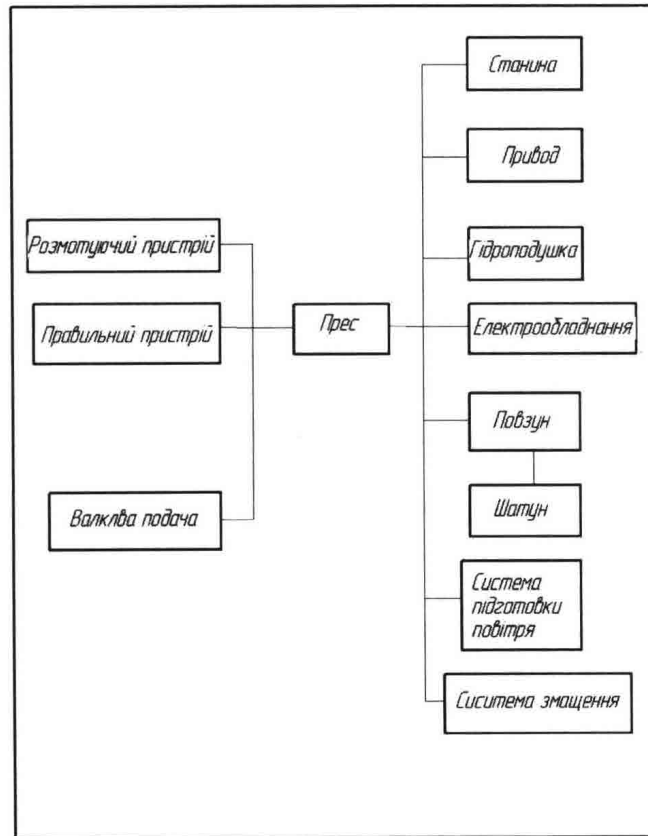
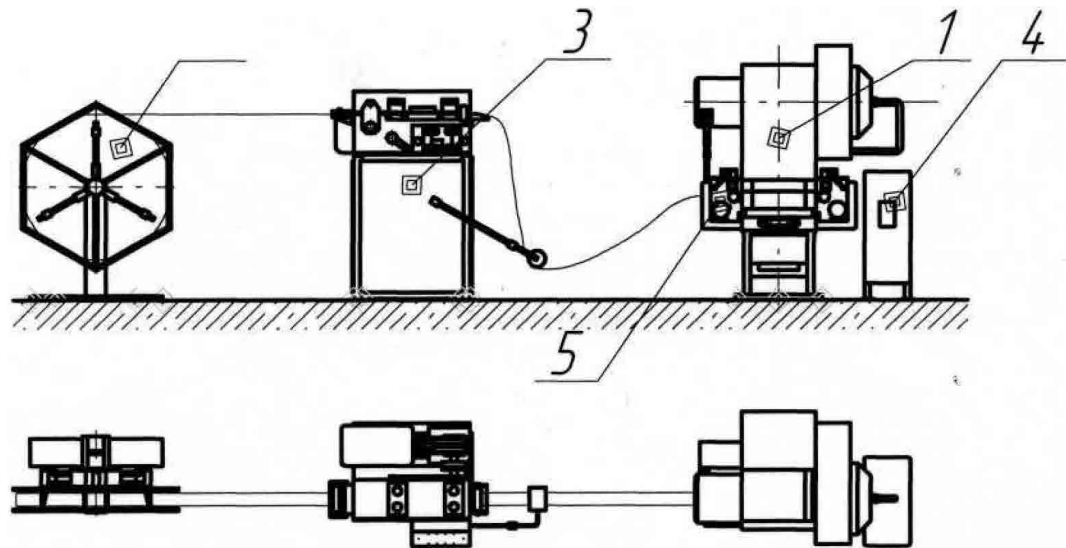


Рисунок 4.1 – Структурна схема комплексу для штампування деталей зі стрічки



1 – прес; 2 – розмотувальний пристрій; 3 – правильний пристрій; 4 – валкова подача; 5 – ножиці для різання відходів

Рисунок 4.2 – Схема автоматичного комплексу для штампування деталей зі стрічки

4.1.3. Вихідні данні для проектування комплексу

1.	Максимальне зусилля пресу, МН.....	0,063
2.	Максимальна продуктивність комплексу, шт. за год.....	15000
3.	Розміри стрічки, що подається, мм	
4.	ширина.....	80
5.	товщина.....	0,3...1,0
6.	Крок подачі, мм.....	0...160
7.	Точність подачі по кроку, мм.....	± 0,1
8.	Найбільший зовнішній діаметр рулону стрічки, мм.....	800
9.	Сумарна потужність електродвигунів, кВт.....	2,4
10.	Габаритні розміри (довжина×ширина×висота над рівнем полу).....	2830x1230x1850

Вихідні параметри пресу

Назва параметру (розміру)	Дані
1. Номінальне зусилля, кН	63
2. Хід повзуна регульований, мм	
найбільший	50
найменший	5
3. Частота ходів повзуна, хв ⁻¹	
неперервних нерегульованих, не менше	150
одиначних, не більше	
4. Розміри стола, мм	
зліва - направо	360
спереду - назад	280
5. Розміри отвору в столі, мм	
зліва - направо	80
спереду - назад	80
6. Найбільша відстань між підштамповою плитою і повзуном в його нижньому положенні при найбільшому ході, мм	200
7. Відстань між стійками станини, мм	140
8. Величина регулювання відстані між столом і повзуном, мм	5,7..45
9. Товщина підштампової плити, мм	45

10.Величина шляху повзуна до його крайнього нижнього положення, на якому прес розвиває номінальне зусилля, мм при неперервних ходах	2,5
при одиночних ходах	5
11 .Габаритні розміри преса, мм	
зліва - направо	820
спереду - назад	990
12.Висота преса над рівнем підлоги, мм	1850
13.Маса преса, кг, не більше	670
14.Потужність електродвигуна головного приводу при ПВ=100%, кВт, не більше	1,0

4.2. Конструювання комплексу

4.2.1 Розробка кінематичної схеми преса

Кінематична схема пресу наведена на рис. 4.3.

Крутний момент електродвигуна (поз.1) через шків 2 і клинопасову передачу передається на маховик 3 і далі, при ввімкненій муфти-гальмо 4, на вал приймальний I, на якому нарізана зубчаста шестерня 5.

Муфта-гальмо 4 встановлена на валу приймальному I і призначена для періодичного з'єднання маховика 3, що постійно обертається, з веденими частинами пресу і періодичного їх гальмування при безперервно працюючому електродвигуні .

Гальмо маховика призначене для швидкої зупинки маховика 3 і після відключення електродвигуна.

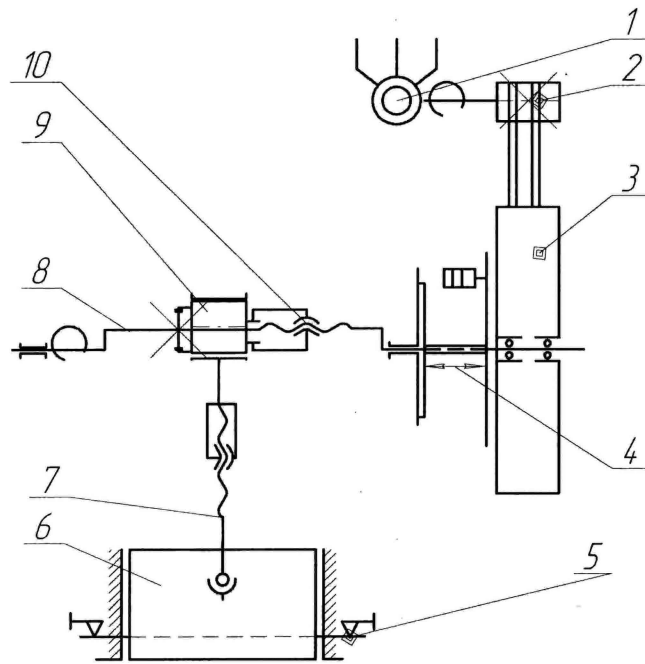


Рисунок 4.3 – Кінематична схема пресу

Зміна величини ходу повзуна здійснюється за рахунок провертання ексцентрикового валу 10 відносно ексцентрикової втулки при включеній муфті-гальмі. 4. Змінюється сумарний ексцентриситет, тобто величина ходу повзуна. Закрита висота регулюється за допомогою гвинта шатуну 7. При вмиканні муфти утворюється рух на валу 10, таким чином перетворюючи обертовий рух в поступовий рух повзуна 6, а переміщення стрічки відносно повзуна виконує валкова подача 5.

4.3 Інженерний моніторинг спроектованого комплексу

Надійність роботи систем ОМТ значною мірою залежить від стану найбільш навантажених його вузлів, а саме вузла "Муфта-гальмо", вузла "Повзун-шатун", вузла "Валкова подача" та механічних передач (клинопасова). Великі швидкості обертання рухомих частин, інтенсивне тертя при включенні та виключенні, високі питомі навантаження на окремі деталі значно знижують ресурси їх роботи. В умовах виробництва потрібно прогнозувати працездатність пресового обладнання, з тим щоб вчасно

проводити планові огляди та ремонти без раптової його зупинки.

В кваліфікаційній роботі виконані розрахунки строку служби клинових пасів вузла "Привод". Зроблений також перевірочний розрахунок вузла "Валкова подача" та його складових елементів, зокрема обгінної муфти з визначенням контактних напружень.

4.4. Розрахунок кривошипного преса

Кінематичний розрахунок преса

Початкові дані преса

Номінальне зусилля преса, МН	$P_n = 0,063$
Хід повзуна преса, мм	$S = 50$
Кількість ходів повзуна преса в хвилину, хв. ⁻¹	$n_x = 150$
Коефіцієнт довжини шатуна преса	$\lambda = 0,1$

4.4.1 Визначення передаточних відношень передач

Вибираємо електродвигун з кількістю обертів в хвилину:	$n_e = 1000$
Загальне передаточне відношення	$i = \frac{n_e}{n_x} = \frac{1000}{150} = 6,67$
<i>Приймаємо</i>	$i = 6,67$
Значення передаточних відношень окремих передач	
Передаточне відношення клинопасової передачі	$i = 6,67$

4.4.2. Розрахунок кінематичних параметрів

Хід повзуна, мм

$$S = 50$$

Радіус кривошипа, мм

$$R = \frac{S}{2} = \frac{50}{2} = 25$$

Коефіцієнт переводу град. в рад.

$$r = \frac{\pi}{180} = 0,017$$

Кут повороту головного валу, град

$$\alpha = 0 \dots 360$$

Кутова швидкість головного валу, рад⁻¹

$$\omega = \frac{\pi \cdot nx}{30} = 15,70$$

Коефіцієнт довжини шатуна

$$\lambda = 0,1$$

Шлях повзуна, мм

$$S_{\alpha} = R \cdot \left((1 - \cos(\alpha \cdot r)) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos(2 \cdot \alpha \cdot r)) \right)$$

Швидкість повзуна, мм/с

$$V_{\alpha} = \omega \cdot R \cdot \left((\sin(\alpha \cdot r)) + \frac{\lambda}{2} \cdot (\sin(2 \cdot \alpha \cdot r)) \right)$$

Прискорення повзуна, мм/с²

$$J_{\alpha} = -\omega^2 \cdot R \cdot \left((\cos(\alpha \cdot r)) + \lambda \cdot (\cos(2 \cdot \alpha \cdot r)) \right)$$

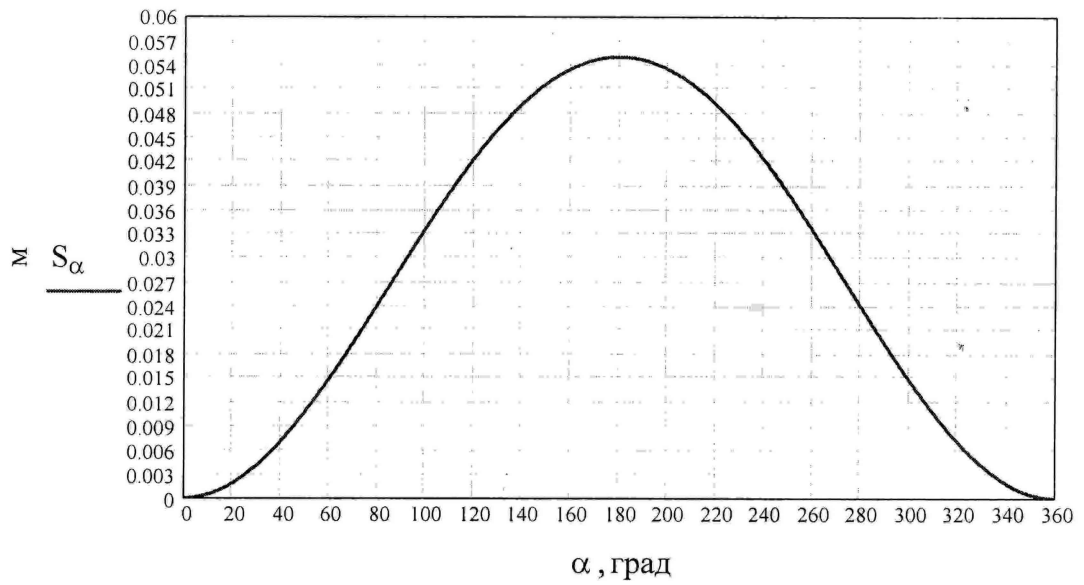


Рисунок 4.4 – Графік залежності шляху повзуна від кута повороту головного валу

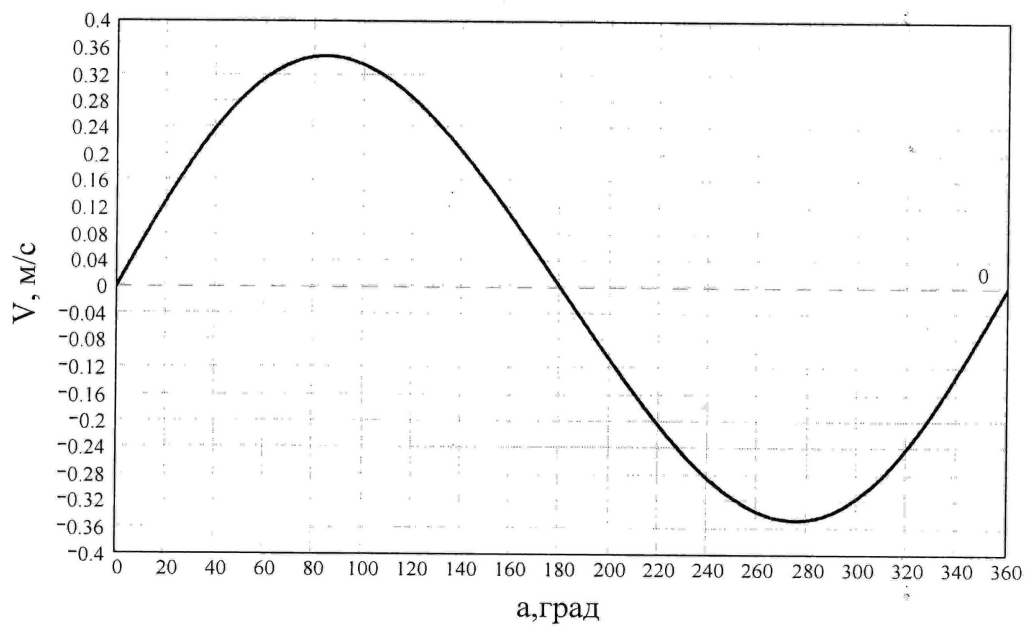


Рисунок 4.5 –Графік залежності швидкості повзуна від кута повороту головного валу

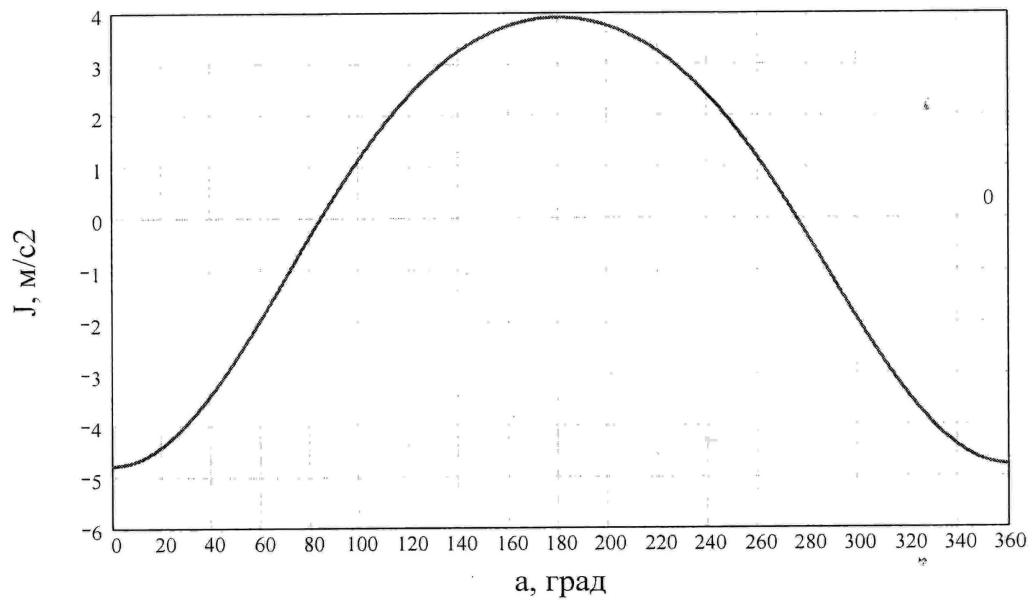


Рисунок. 4.6 – Графік залежності прискорення повзуна від кута повороту головного вала

4.4.3. Розрахунок геометричних параметрів

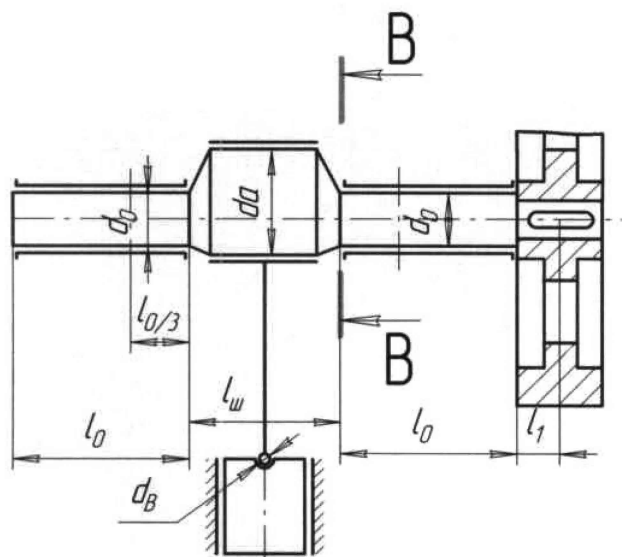


Рисунок 4.7 – Схема ексцентрикового вала

Діаметр опорної шийки, мм	$do = 140\sqrt{Pn} = 140\sqrt{0,063} = 35,14$	
<i>Приймаємо</i>	$do = 40$	
Діаметр опорної головки шатуна, мм	<i>Приймаємо</i>	$db = 40$
Діаметр шатуної шийки шатуна, мм	$da = 1,25do = 1,25 \cdot 40 = 50$	
<i>Приймаємо</i>		$da = 50$
Довжина опорної шийки вала, мм (конструкт.)	<i>Приймаємо</i>	$lo = 100$
Довжина шатунної шийки, мм (конструктивно)	<i>Приймаємо</i>	$lw = 75$

Радіуси галтелей від щік до шийок, мм

$$r_{iu} = 0,08 \cdot d_o = 0,08 \cdot 40 = 3,2$$

$$\text{Приймаємо } r_{uy} = 3$$

Коефіцієнт тертя:

$$\text{при рідинному змащенні} \quad f = 0,03 \dots 0,04$$

$$\text{при твердому змащенні} \quad f = 0,05 \dots 0,06$$

$$\text{Приймаємо } f = 0,035$$

Ідеальне плече сили в випадку центрального кривошипно-

повзунного механізму, мм

$$Mki_{\alpha} = R \left(\sin(\alpha \cdot r) + \frac{\lambda}{2} \sin(2\alpha \cdot r) \right)$$

Приведене відносне плече сили кривошипного преса з центральним

кривошипно-повзунним механізмом, мм

$$Mkf_{\alpha} = \frac{1}{2} f ((1 + \lambda) da + \lambda db + d_o)$$

Приведенне плече сили в реальному механізмі, мм

$$Mk_{\alpha} = Mki_{\alpha} + Mkf_{\alpha}$$

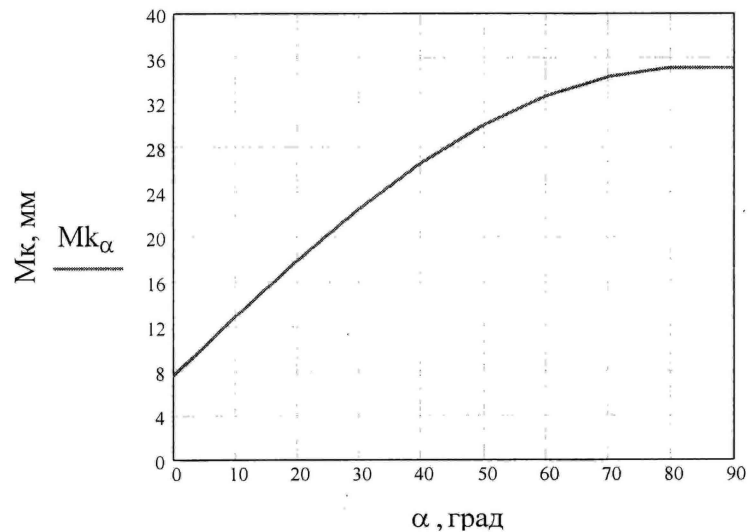


Рисунок 4.8 – Графік залежності приведенного плеча сили від кута повороту головного валу

4.4.4. Розрахунок головного вала на міцність

Межа витривалості при згині, МПа

$$\sigma_H = 360$$

Константа міцності при крутінні в

перерізі В-В, визначається з графіка

$$\Phi\tau = 3,5$$

Коефіцієнт запасу міцності

$$n = 1,3$$

Коефіцієнт еквівалентного навантаження

$$k_e = 0,8$$

Константа міцності при вигині в

перерізі А-А, визначається з графіка

$$\Phi\sigma = 1,45$$

Маса маховика з муфтою, Н

$$Gm = 2000$$

$$Pd = 63000$$

$$l_1 = 170$$

$$c = \frac{Gm}{Pd} = \frac{2000}{63000} = 0,032$$

Відстань від краю опори до центра маховика, мм

Зусилля на повзуні, що допускається міцністю кривошипного вала в перерізі В-В, Н

$$Pde_{\alpha} = \frac{0,2do^3 \cdot \sigma_H}{k_e \cdot n \cdot \sqrt{\Phi\tau} (Mk_{\alpha} + 0,017do)}$$

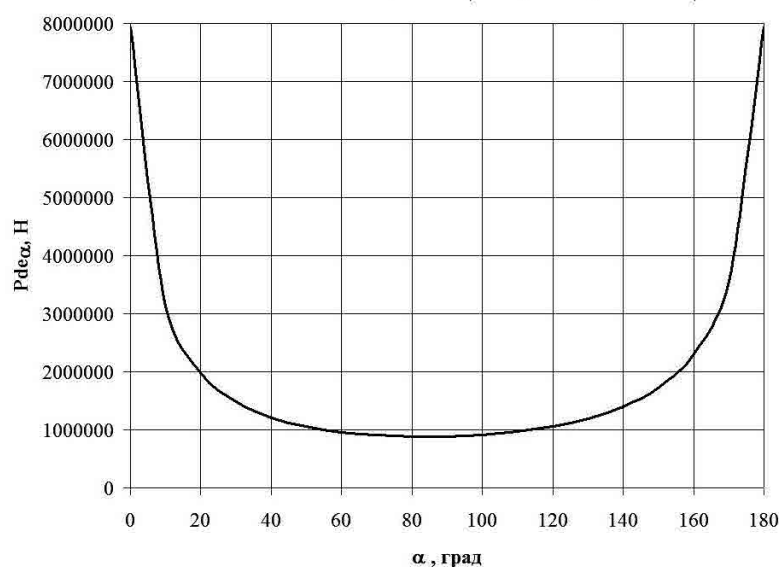


Рисунок 4.9 – Графік залежності Зусилля на повзуні, що допускається міцністю кривошипного вала в перерізі В-В від кута повороту головного валу

4.4.5. Технологічні графіки навантажень для операції вирубання:

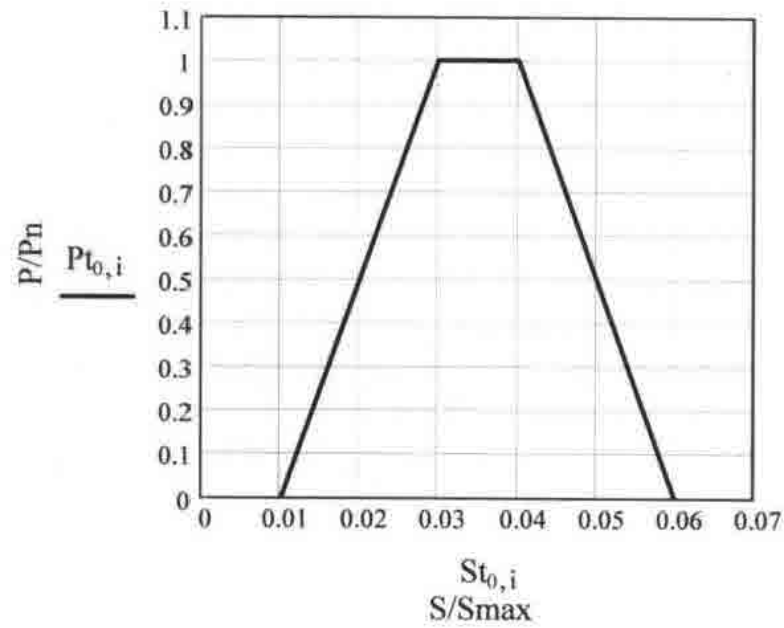


Рисунок 4.10 Типовий графік залежності зусилля від деформації для операції "Вирубання"

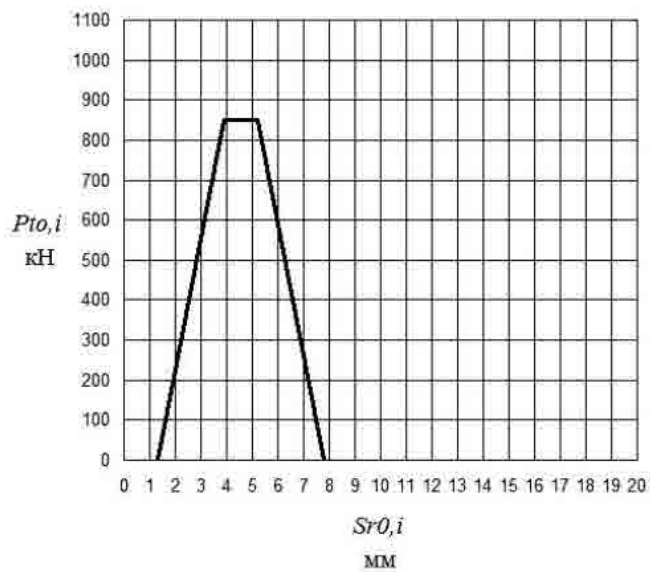


Рисунок 4.11 – Реальний графік залежності зусилля від деформації для операції "Вирубання"

Жорсткість пресу, МН/м

$C=500$

Пружна деформація деталей і вузлів преса, мм

$$\Delta = \frac{Pn}{C} = \frac{63}{500} = 0,13$$

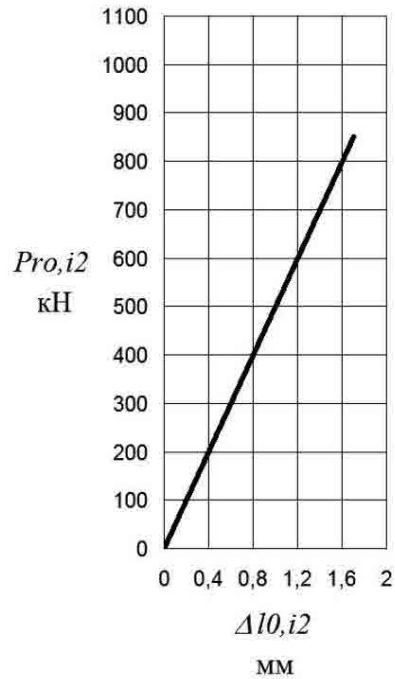


Рисунок 4.12 – Графік залежності зусилля преса від пружної деформації

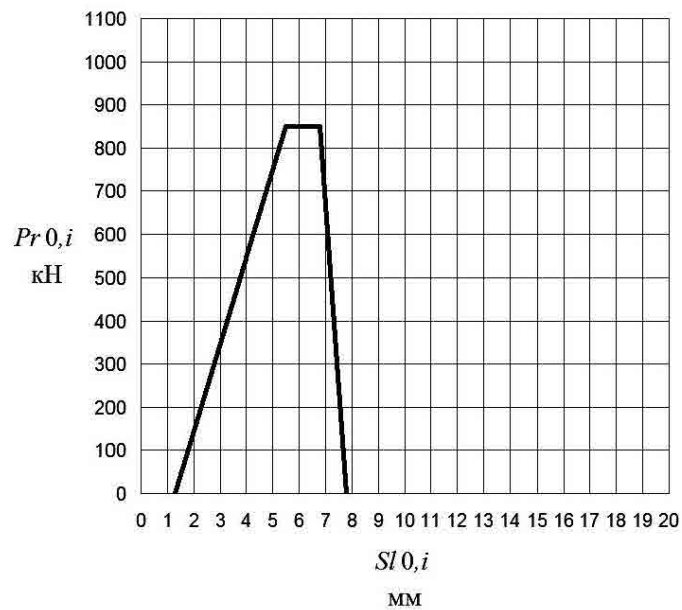


Рисунок 4.12 – Реальний графік залежності зусилля від деформації для операції "Вирубання" з врахуванням жорсткості пресу

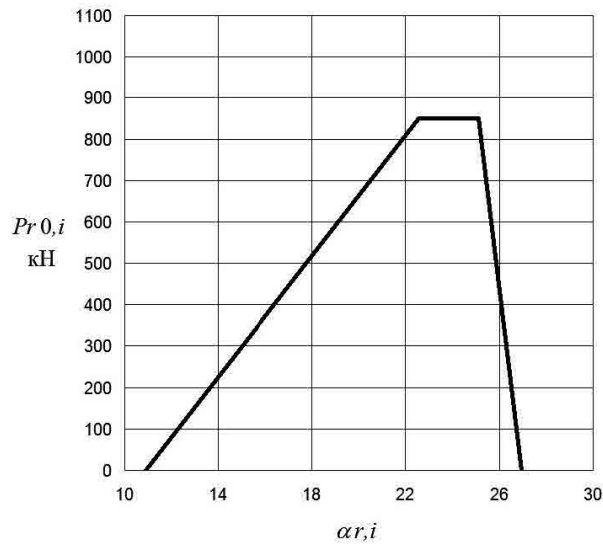


Рисунок 4.13 – Реальний графік залежності зусилля від кута повороту головного валу з врахуванням жорсткості пресу

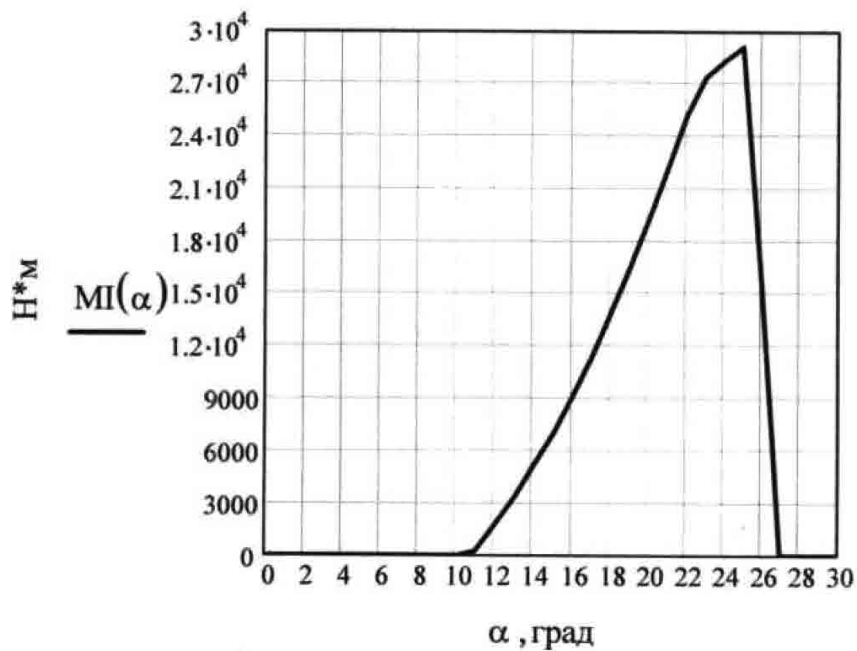


Рисунок 4. 14 – Графік залежності крутного моменту на головному валу від кута повороту

Максимальний крутний момент на головному валу, Н·м $M_{max} = 3091$

Площина графіка, мм²

$F = 27087,799$

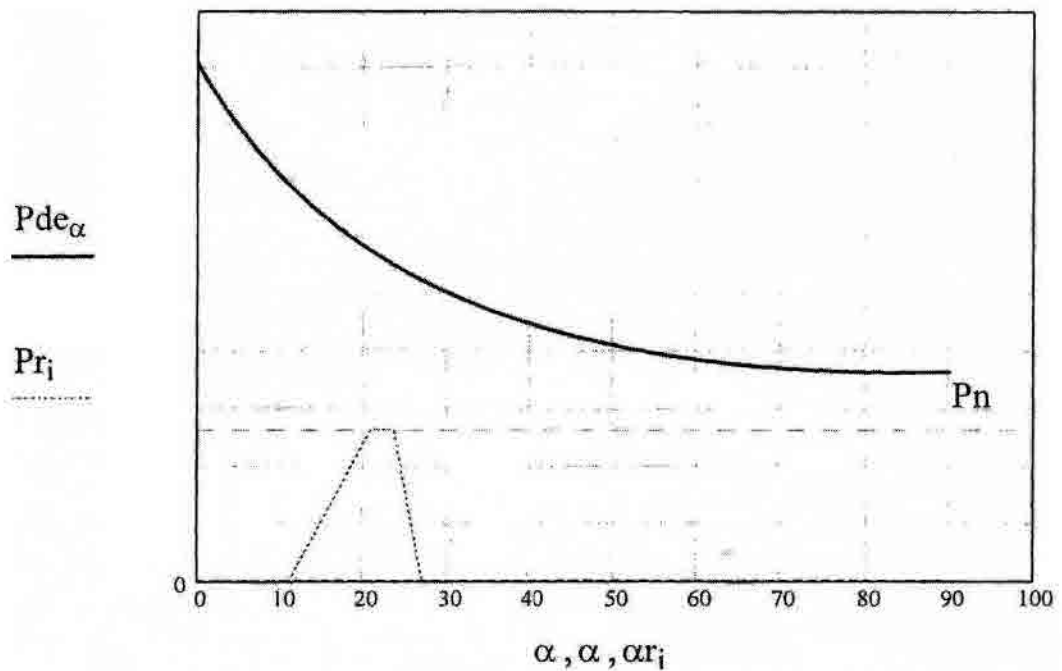


Рисунок 4.15 – Графік зусиль на повзуні по міцності кривошипного валу

4.4.6. Енергетичний розрахунок

Витрата енергії за час робочого ходу, Дж	$A_p = 0,0175 \cdot F = 474,036$
Витрата енергії за час холостого ходу, Дж	$A_x = 2450 P_n \sqrt{P_n} = 38,74$
Витрата енергії на включення муфти, Дж	$A_m = 300$
Загальна витрата енергії, Дж	$A_s = A_p + A_x + A_m = 812,776$
Коефіцієнт запасу потужності електродвигуна	$k = 1,3$
Коефіцієнт використання ходів	$p = 0,3$
Час циклу, с	$t = \frac{60}{n \cdot p} = 1,333$
Розрахункова потужність електродвигуна, кВт	$N = \frac{k \cdot A_s}{1000 \cdot t} = 0,793$
Вибір електродвигуна	
4A80B6УЗ	
потужність, кВт	$N_d = 1,1$
кількість обертів, об/мин	$n = 1000$

Коефіцієнт, що залежить від відношення номінальним і критичним ковзанням електродвигуна	$\varepsilon = 0,90$
Номінальне ковзання електродвигуна, що рекомендується	$s = 0,1$
Пружне ковзання клинопасової передачі	$s_y = 0,01$
Коефіцієнт нерівномірності обертання маховика	$\delta = 2 \cdot \varepsilon \cdot k \cdot (s + s_y) = 0,257$
Кутова швидкість маховика, с^{-1}	$\omega_m = 12,56$
Кут повороту головного валу при максимальному навантаженні, рад	$\alpha_n = \alpha_{r_3} \cdot \frac{\pi}{180} = 0,471$
Коефіцієнт, що враховує форму графіка навантаження	$k_f = 1 - \frac{\alpha_n}{2 \cdot \pi} = 0,925$
Момент інерції махових мас привода, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	$I = k_f \frac{A_p}{\omega_m^2 \cdot \delta} = 10,786$
Момент інерції маховика, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	$I_m = I - I_{MS} = 9,556$
Час розгону маховика, с	$t_p = \frac{1,2 \cdot I_m \cdot \omega_m^2}{1000 \cdot N_d} = 1,646$

4.4.7 Розрахунок клинопасової передачі

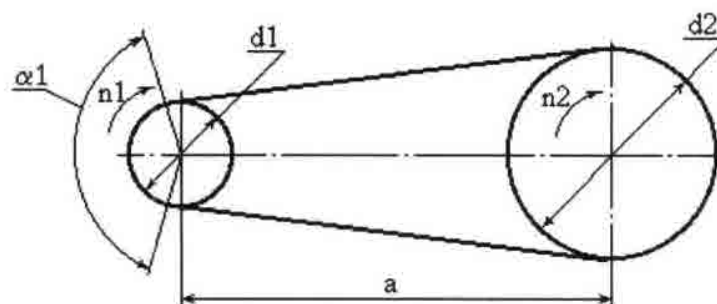


Рисунок 4.15 – Схема клиноремінної передачі

Потужність електродвигуна, кВт	$N_d = 1,1$
Частота обертання ротора злектродвигуна, (хвил ⁻¹),	$n = 1000$
Передаточне відношення клиноремінної передачі	$i_1 = 6,67$
Міжосьова відстань, мм (конструктивно)	$a = 660$

Диаметр ведучого шкива, мм (конструктивно)	$d1 = 120$
Диаметр веденого шкива, мм	$d2 = d1 \cdot i1 = 800,4$
	Приймаємо $d2 = 800$
Розрахункова довжина паска, мм	
	$Lp = 2 \cdot a + 0,5 \cdot \pi \cdot (d1 + d2) + \frac{(d2 - d1)^2}{4 \cdot a} = 2939,551$
	Приймаємо $Lp = 2940$
Константи	
$\omega = 0,5 \cdot \pi \cdot (d1 + d2) = 1444,4$	
$y = 0,25 \cdot (d2 - d1)^2 = 115600$	
Остаточна міжосьова відстань, мм	
$a = 0,25 \left((Lp - \omega) + \sqrt{(Lp - \omega)^2 - 8y} \right) = 660,26$	
Кут охоплення, град	$\alpha1 = 180 - 57,3 \frac{(d2 - d1)}{a} = 120,99$
Швидкість паска, м/с	$V = \pi \cdot d1 \frac{n}{60000} = 6,28$
Номінальна потужність, яка передається одним пасом, кВт (конструктивно)	$Po = 7,94$
Коефіцієнт кута охоплення	$C\alpha = 0,92$
Коефіцієнт, який враховує довжину паска	$C1 = 0,74$
Коефіцієнт динамічності і режиму роботи	$Cp = 1,9$
Розрахункова потужність передачі з одним пасом, кВт	$Pp = Po \cdot C\alpha \cdot \frac{C1}{Cp} = 2,845$
Коефіцієнт, який враховує кількість пасів	$Cz = 0,9$
Кількість пасів	$z = \frac{Nd}{(Pp \cdot Cz)} = 7,752$
Приймаємо	$z = 2$
Коефіцієнт, який враховує вплив центробіжних сил	$Q = 0,3$

Коефіцієнт режиму при однозмінній роботі	$Cp2 = 1,4$
Сила попереднього натягнення одного паса, Н	$Fo = 850 \cdot Nd \cdot Cp2 \cdot \frac{Cl}{z \cdot V \cdot C\alpha} + Q \cdot V^2 = 95,63$
Навантаження на вали передачі, Н	$Fa = 2 \cdot Fo \cdot z \cdot \sin(0,5 \cdot \alpha1 \cdot r) = 301,725$
Коефіцієнт режиму роботи (важкий)	$kl = 0,5$
Середній ресурс пасів для експлуатації в середньому режимі роботи, год	$Tcp = 2000$
Нормативний ресурс пасів при важкому режимі роботи, год	$T = Tcp - kl = 1000$
Напрацювання пасів в циклах при стендових випробуваннях, год	$Nou = 4,7 \cdot 10^6$
Межа витривалості паса, МПа	$\sigma_y = 9$
Площа перерізу паса, мм ²	$A1 = 230$
Окружна сила, Н	$Ft = 1000 \frac{Nd}{V} = 175,07$
Щільність паса, кг/м ³	$\rho = 1200$
Напруження розтягування в пасі, МПа	$\sigma_p = \frac{F}{A1} + \frac{Ft}{2 \cdot z \cdot A1} + 10^{-6} \cdot \rho \cdot V^2 = 0,653$
Модуль пружності	$E = 98,75$
Відстань від крайніх волокон несучого шару до нейтральної лінії паса, мм	$Y = 4$
Напруження вигину в пасі, МПа	$\sigma_e = 2 \cdot E \cdot \frac{Y}{d1} = 6,583$
Максимальне напруження, МПа	$\sigma_{max} = \sigma_p + \sigma_e = 7,237$
Коефіцієнт, який враховує вплив різної ступені згину паса на малому і великому шкивах	$Cu = \frac{2}{\left(1 + \left(\frac{\sigma_p + \frac{\sigma_e}{il}}{\sigma_{max}}\right)^{11}\right)} = 1,995$
Кількість шківів (конструктивно)	$z_{ш} = 2$

Розрахункова тривалість гумотканевого

клинового паса, год
$$Lh = \frac{No\ddot{o} \cdot Lp}{60 \cdot \pi \cdot d1 \cdot n} \cdot \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \right)^{11} \cdot \frac{Cu}{z\phi} \cdot Lp = 7730,333$$

4.5. Розрахунок валкової подачі

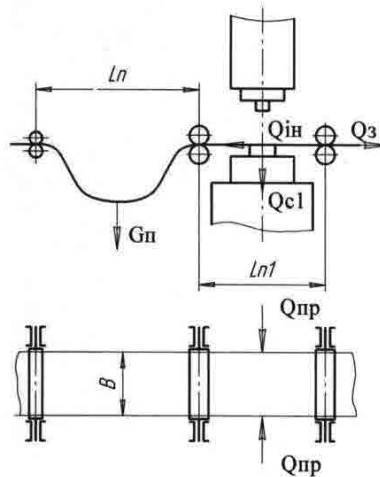


Рисунок 4.16 Схема сил, що діють на матеріал в процесі подача

Зусилля протягування стрічки:	$Q_z = G_n + Q_{mp} + Q_{nmp} + Q_{in}$
Максимальна довжина петлі стрічки, мм	$L_n = 3000$
Максимальна ширина стрічки, мм	$B = 80$
Максимальна товщина стрічки, мм	$h = 1,0$
Щільність матеріала стрічки, кг/м ³	$\rho = 7800$
Прискорення вільного падіння, м/с ²	$g = 9,8$
Сила ваги петлі стрічки, Н	$G_n = L_n \cdot B \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-9} = 18,346$
Довжина стрічки від подавальних до тягнучих валків, мм	$L_{n1} = 1350$
Сила ваги стрічки між подавальними і тягнучими валками, Н	$Q_{cl} = L_{n1} \cdot B \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-9} = 8,255$
Коефіцієнт тертя ковзання	$\mu_1 = 0,12$
Сила тертя по дзеркалу штампа, Н	$Q_{mp} = Q_{cl} \cdot \mu_1 = 0,99$
Сумарне зусилля пружин в напрямних, Н	$Q_{np} = 40$
Сила тертя в напрямних штампа, Н	$Q_{nmp} = Q_{np} \cdot \mu_1 = 4,8$
Маса ділянки стрічки на ділянці між подавальними і тягнучими валками з врахуванням маси петлі, кг	$m = (L_n + L_{n1}) \cdot (B \cdot h \cdot \rho) \cdot 10^{-9} = 2,7$

Максимальний крок подачі, мм	$H = 160$
Число ходів преса в хвилину	$n = 150$
Кут подачі по цикловій діаграмі роботи преса	$\alpha_{pod} = 170$
Прискорення з яким переміщується стрічка м/с ²	$a = 0,144 \cdot H \cdot \left(\frac{n}{\alpha_{pod}}\right)^2 = 17,94$
Сила інерції стрічки, Н	$Q_{in} = m \cdot a = 48,44$
Зусилля протягування стрічки, Н	$Q_3 = 369,835$
Коефіцієнт надійності зчеплення, ($\beta=1,2\dots2,0$)	$\beta = 1,75$
Число приводних валків, шт	$Z = 2$
Зусилля стиснення валків, Н	$Q_{cc} = \beta \frac{Q_3}{\mu l \cdot Z} = 2697$

4.5.1 Визначення діаметра валків

Коефіцієнт, який враховує ковзання матеріалу між валками	$\beta_1 = 1,03$
Максимальний ексцентриситет планшайби, мм	$l = 12$
Передаточне число між нижнім валком и муфтою обгону	$i = 3$
Модуль зубчатого зачеплення	
$m = 4$	
Число зуб'ів шестерні	$z = 17$
Кут заклинювання муфти обгону, рад	$\phi_0 = 0,2$
Діаметр валків, мм	$D_v = \frac{\beta_1 \cdot H}{\left(\frac{4 \cdot l \cdot i}{m \cdot z - \delta_0}\right)} = 77,59$
	Приймаємо $D_v =$

80

4.5.2 Розрахунок муфти обгону

Зазор δ , необхідний для нормальної роботи муфти, визначається з рис. 7.22, а, де зображені частина обойми 1, зірочки 2, і ролик 3. Матеріал ролика

сталь ШХ15 (допустимі контактні напруження $\sigma_k=1600$ МПа).

$$r = 30 \text{ мм}$$

$$ru = 2,5 \text{ мм}$$

$$\alpha = 8 \cdot \pi / 180 \text{ рад}$$

$$\delta = (r - ru) \cdot (1 - \cos(\alpha)) = 0,268$$

Зусилля, які ді на ролик муфти обгону.

Приймаємо, що обойма і диски виготовляються з однакових матеріалів.

Тоді крутний момент, що передається муфтою обгону:

Передаточне відношення між валком і муфтою обгону

$$i_3 = 1,304$$

Число роликів

$$K = 5$$

Внутрішній діаметр обойми муфти, мм

$$D = 60$$

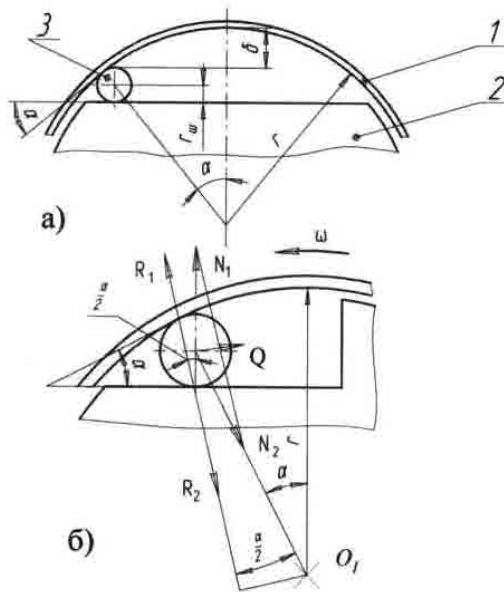


Рисунок 4.17 – Розрахункова схема муфти обгону для визначення зазору δ (а) і нормальних сил (б)

Крутний момент, що передається муфтою обгону

$$M = 0,5 \cdot Q_3 \cdot \frac{Dv}{i_3} = 17300$$

Нормальна сила N визначається

$$N = Q_3 \cdot \frac{Dv}{i_3 \cdot K \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot D} = 1649$$

Довжина ролика, мм

$$l = 2ru \cdot 1,5 = 7,5$$

Модуль пружності матеріалу, Мпа

$$E = 200000$$

В зонах контакту валків з диском і обоймою виникають контактні напруження, які визначаються по формулі Герца. Для точки контакту ролика з обоймою муфти обгону

$$\delta k1 = 0,59 \sqrt{N \cdot E \cdot \frac{\left(\left(\frac{1}{2 \cdot r_{\text{mu}}} \right) - \frac{1}{D} \right)}{l}} = 1675 \text{ МПа}$$

Для точки контакту ролика з плоскою площадкою диска муфти

$$\delta k2 = 0,5 \sqrt{N \cdot \frac{E}{l \cdot 2 \cdot r_{\text{d}}}} = 1483 \text{ Па}$$

Для обох випадків умова міцності виконується.

ВИСНОВКИ

1. Зроблено аналіз кресленика деталі «Пластина», що штампується на автоматичному комплексі.
2. Виконано технологічний аналіз матеріалу виробу.
3. Визначено розміри вихідної заготовки.
3. Розраховано переходи штампування.
4. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Пластина» запропоновано в якості вихідного матеріалу поміняти штабу на стрічку, що дозволить зменшити норму витрати матеріалу на одну деталь, вивільняє одну одиницю заготівельного обладнання, сумістити операції вирубання-пробивання-калібрування та пробивання з застосуванням автоматизованих комплексів на базі кривошипних пресів, що збільшує продуктивність штампування, вивільнити одного пресувальника, скоротити один штамп, підвищити точність штампування, вивільнити одну одиницю обладнання.
5. Описано конструктивні особливості інструменту.
6. Розраховано інструмент на міцність.
7. Спроектовано загальний кресленик оснащення та розроблено робочі кресленики на його деталі.
8. Спроектовано автоматичний комплекс для штампування деталей з стрічки на базі одно кривошипного пресу зусиллям $P_H = 0,063$ МН.
9. Розроблено шаблони текстових документацій (технологічна карта, специфікації).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

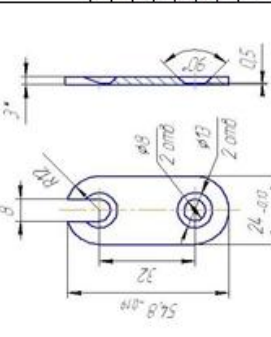
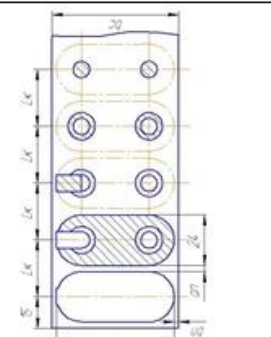
1. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка. / Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с., ил.
2. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х т. / Под ред.. Е. И. Семёнова – Т. 1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка – М.: Машиностроение, 1985. – 567 с.
3. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
4. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Штмп як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2005. – 216 с.
5. Методичні вказівки по курсу «Холодне об'ємне штампування» для студентів спеціальності 8.090206 «Обладнання для обробки металів тиском» / Укл. Б. Б. Кришкін. – Кіровоград: КНТУ, 2006. – 82 с.
6. Анурьев В. П. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.1. – М.: Машиностроение, 1980. – 723 с.
7. Справочник по оборудованию для листовой штамповке / Л. И. Рудман, А.И. Зайчук, В. Л. Марченко и др.; Под общ. ред.. Л. И. Рудмана. - К.:Техника, 1989.-231 с.
8. Методические указания по курсу "Проектирование инструмента, изготовление штампов и КПО" для специальности 0503. Часть I. Проектирование разделительных штампов / Сост. В.М. Боков. – Кіровоград: КИСМ, 1988. –52 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Технологічна карта «Карта технологічного процесу (листова штампування)»

А.1 Перший аркуш технологічної карти

Міністерство освіти і науки України Кіровоградський національний технічний університет Кафедра «Обробка металів тиском»		КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА (Листова штампування) Пластина П 00353М				Картка № 1	
Деталь		Креслення П 00353М		Партия штук		Кількість квот	
		Кількість штук на вироб		13871		1	
Марка матеріалу		Ширина стрічки		Укладач			
Довжина листа		Товщина стрічки					
Ширина листа		Маса деталі		Студент		Група Підпис Дата	
Товщина листа		Норма вир. мет. на 1 дет.		Владислав ШУЛЬГАН		ІМС-ІПБ-3	
Кількість штаб із листа		Кількість дет. з рулоном		Зав.виробом			
Кількість деталей із штаби				Керівник		Підпис Дата	
Кількість деталей із листа				Олег СІСА			
Коефіцієнт використання матеріалу							
№ операції		Найменування операції та паркоди		Облаштування		Продуктова, ва, шаблон	
10		Вирубання, калібрування, пробивання		АККЕ 2130Б.01		Штамп літенової дії КРЕ.ПМ.25.16. 12.11.00	
20		Правлення		Ф 1726А		Штампувальник ІІ розряд	
Схема розкрою, операційні ескізи		Схема розкрою, операційні ескізи		Норма часу на операцію		0,0156	
				0,0416			
Див. ескіз деталі		Див. ескіз деталі					

ДОДАТОК Б

Специфікація «Штамп послідовної дії»

Б.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик

Поз.	Позначка	Найменування	Кіл.	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00	Складальний кресленик	1		
		<u>Складальні одиниці</u>			
1	КРБ.ПМ.25.16.12.11.01	Пунсо калібрувальний			
		<u>Деталі</u>			
2	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.01	Корпус	1		
3	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.02	Вставка ножа	1		
4	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.03	Притискна лопка	1		
5	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.04	Корпус	1		
6	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.05	Вставка	1		
7	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.06	Фіксатор	1		
8	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.07	Фіксатор	2		
9	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.08	Фіксатор	1		
10	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.09	Фіксатор	1		
11	КРБ.ПМ.25.16.12.11.100.0	Корпус	1		
12	КРБ.ПМ.25.16.12.11.00.11	Корпус	1		
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
Відповідальна організація Кафедра ММР		Технічне узгодження Андрій ГРЕЧКА	Разробник документа Владислав ШУЛЬГАН	Документ затверджено Олег СІСА	Масштаб 1:1
Власник документа Центральноукраїнський національний технічний університет		Вид документа Специфікація		Статус документа Навчальний	
		Назва Штамп послідовної дії		Ід значення КРБ.ПМ.25.16.12.11.00	
		№ змін А	Дата видання 2025-23-06	Мова uk	Аркуш 1/2

